

PENGEMBANGAN MODEL JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK PENDUGAAN SUHU UDARA DI DALAM RUMAH KACA

Development of Artificial Neural Network Model for Prediction of Greenhouse Air Temperature

Herry Suhardiyanto¹, Suroso², Titin Nuryawati³

ABSTRACT

During the daytime in tropical region, air temperature inside the greenhouse higher than the outside air temperature. The prediction of air temperature inside the greenhouse can be done by using Artificial Neural Network (ANN) model. The neural network model consist of three layers, there are input layer, hidden layer and output layer. The input layer consist of eight nodes, there are wind velocity, air humidity, air pressure, outside air temperature, daily rainfall, solar radiation, roof temperature and floor temperature. The output layer is inside air temperature of the greenhouse. The ANN models were developed with different proportion of training and validation data. Validation of the model had been done by using standard error prediction, bias and Coefficient of Variation. It had been shown that the ANN model could explain the complicated relationship among greenhouse parameter, effectively.

Keywords : *artificial neural network, greenhouse, inside air temperature prediction.*

Diterima: 27 Pebruari 2007; Disetujui: 9 Maret 2007.

LATAR BELAKANG

Penggunaan rumah kaca sebagai bangunan perlindungan tanaman mempermudah pengendalian faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman seperti cahaya matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin. Hanan et al, 1978 menyatakan bahwa suhu udara merupakan faktor yang penting dalam pertumbuhan tanaman karena

berpengaruh langsung terhadap proses fisik dan kimiawi yang selanjutnya berpengaruh terhadap proses biologi tanaman.

Penggunaan rumah kaca didaerah tropika memerlukan perencanaan yang berbeda dibandingkan dengan rumah kaca di daerah subtropika. Di daerah subtropika, penggunaan rumah kaca bertujuan untuk menjebak radiasi matahari agar suhu udara di dalam rumah kaca tidak terlalu rendah sehingga

¹ Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, herrysuhardiyanto@ipb.ac.id

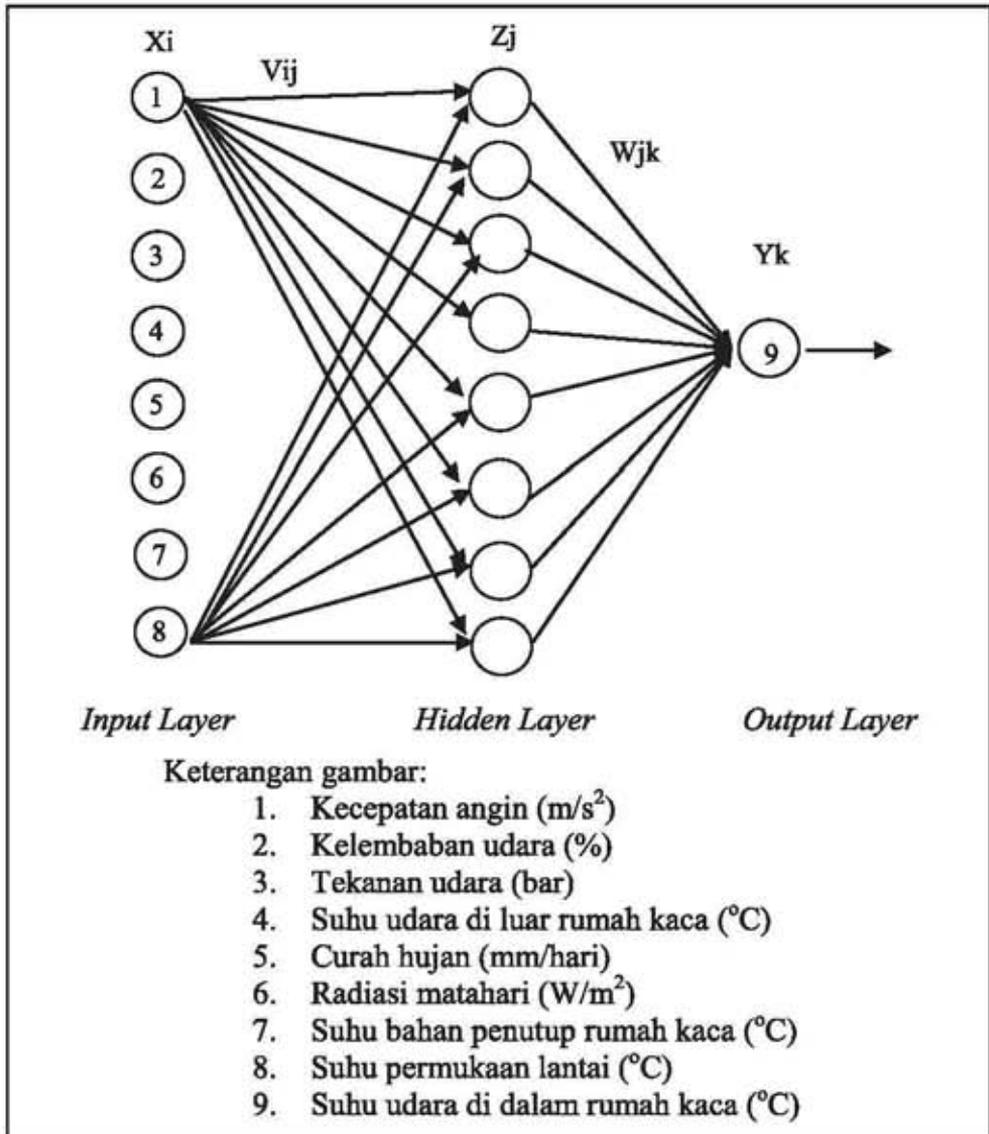
² Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

³ Alumnus Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, ti2n_nuryawati@yahoo.com

digunakan rancangan rumah kaca yang kedap. Penggunaan rumah kaca di daerah tropika bertujuan melindungi tanaman dari hujan dan sedapat mungkin memperbesar laju ventilasi alamiah untuk mencegah suhu udara yang terlalu tinggi di dalam rumah kaca. Sebelum merancang sebuah rumah kaca, perancang haruslah memperhitungkan

suhu udara yang mungkin akan terjadi dalam rumah kaca tersebut.

Untuk menerangkan kondisi lingkungan termal di dalam rumah kaca dapat digunakan model matematika berdasarkan persamaan-persamaan pindah panas. Selain itu, model *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) juga dapat digunakan



Gambar 1. Model JST yang digunakan untuk pendugaan suhu udara dalam rumah kaca.

untuk menerangkan kondisi lingkungan termal di dalam rumah kaca tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan model JST prediksi suhu udara di dalam rumah kaca berdasarkan data cuaca di sekitar rumah kaca dan melakukan validasi suhu hasil pendugaan menggunakan JST dengan suhu hasil pengukuran.

BAHAN DAN METODE

Pengembangan Model JST

Model JST merupakan salah satu representasi buatan fungsi otak manusia yang selalu melakukan proses pembelajaran. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran. JST pada dasarnya tersusun dari beberapa lapisan noda atau unit, yaitu *input layer* (lapisan masukan), *hidden layer* (lapisan tersembunyi) dan *output layer* (lapisan keluaran). Hubungan antara *layer* satu dengan *layer* yang lain dicerminkan oleh pembobot yang dihasilkan dari proses *training*.

Pada model JST yang dikembangkan, *input layer* terdiri dari 8 noda yaitu data kecepatan angin, kelembaban udara, tekanan udara, suhu udara di sekitar rumah kaca, curah hujan, radiasi matahari, suhu penutup rumah kaca dan suhu permukaan lantai. *Output layer* adalah suhu udara di dalam rumah kaca. Model JST yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.

Proporsi jumlah data *training* dan validasi untuk JST yang dikembangkan terdiri dari tiga model yaitu Model 1, Model 2 dan Model 3. Model 1 menggunakan jumlah data untuk *training* sebesar 55 % dan jumlah data validasi sebesar 45% dari jumlah data keseluruhan. Proporsi jumlah data untuk *training* dan jumlah

data untuk validasi pada Model 2 masing-masing adalah sebesar 67 % dan 33 % dari jumlah data keseluruhan, sedangkan pada Model 3 masing-masing adalah sebesar 75 % dan 25 % dari jumlah data keseluruhan.

Program JST yang dikembangkan menggunakan algoritma *back propagation* dengan memakai bahasa pemrograman Visual basic 6.0. Algoritma *backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai pembobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error output*, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu (Fu, 1994).

Kinerja jaringan dapat dinilai berdasarkan nilai koefisien korelasi (R^2) dan nilai *Root Mean Square Error* (*RMSE*) pada proses generalisasi terhadap contoh data *input-output* baru. Nilai *RMSE* sesuai dengan persamaan berikut (Fu, 1994):

$$RMSE = \sqrt{\sum (Y_k - T_k)^2 / n} \quad (1)$$

dimana *RMSE* adalah *Root Mean Square Error* dan *n* adalah jumlah data pada set validasi.

Tempat dan Waktu Percobaan

Data kondisi cuaca di sekitar rumah kaca yang diambil meliputi kecepatan angin, arah angin, suhu udara, tekanan udara, curah hujan dan radiasi matahari. Data kondisi lingkungan termal dalam rumah kaca yang diambil terdiri dari suhu bahan penutup, suhu udara di dalam rumah kaca dan suhu permukaan lantai. Percobaan dilakukan di rumah kaca *University Farm*, Institut Pertanian Bogor (IPB) di Cikabayan, Kampus IPB Darmaga, Bogor. Lokasi percobaan terletak pada 6.33 LS dan 106.42 BT. Rumah kaca yang digunakan adalah rumah kaca *single-span* tipe *standar peak*

dengan ukuran panjang 20 m, lebar 7.5 m dan tinggi bubungan 7.3 m. Konstruksi rumah kaca terdiri dari tiang utama terbuat dari baja WF (*Wide Flange*), atap dari kaca setebal 8 mm, dinding dari *screen* dengan ukuran 1 mm² dan lantai terbuat dari *paving block*. Rumah kaca dibangun dengan orientasi Utara-Selatan, dengan kemiringan atap 30°. Pengambilan data di lapangan dilakukan selama 2 minggu pada bulan Juni sampai Juli 2006 mulai pukul 06.00 WIB sampai dengan pukul 18.00 WIB dengan interval 10 menit. Skema letak titik pengukuran pada rumah kaca dapat dilihat pada Gambar 2.

Proses validasi merupakan pengujian kinerja JST terhadap contoh data yang belum pernah diberikan dalam *training*. Validasi dilakukan setelah mendapatkan nilai *RMSE* yang cukup kecil. Validasi JST dilakukan dengan menghitung *Standard Error of Prediction (SEP)*, *bias* (\bar{d}) dan *Coefficient of Variation (CV)*.

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_a - Y_p)^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_a - Y_p)}{n} \quad (3)$$

$$CV = \frac{SEP}{Y_a} \times 100\% \quad (4)$$

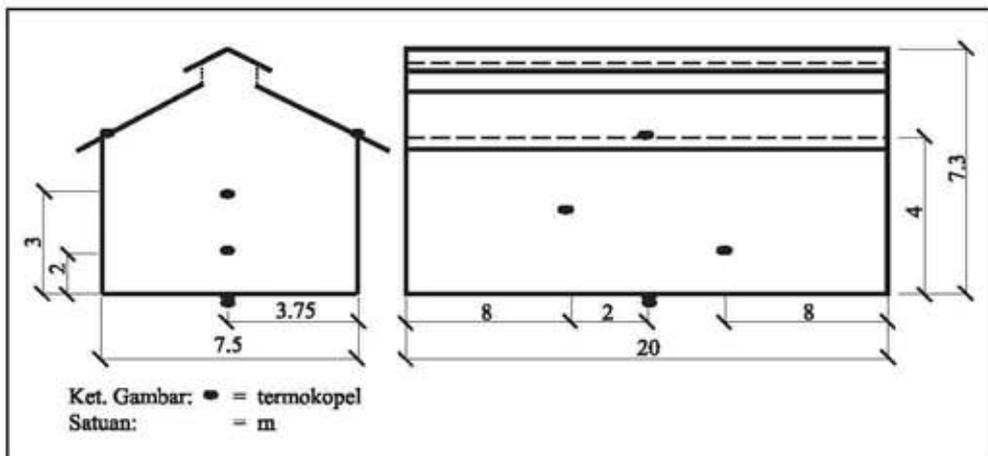
Dimana Y_a adalah nilai aktual dari pengukuran, Y_p adalah nilai prediksi oleh JST, n adalah jumlah data dan \bar{y}_a adalah nilai rata-rata aktual pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

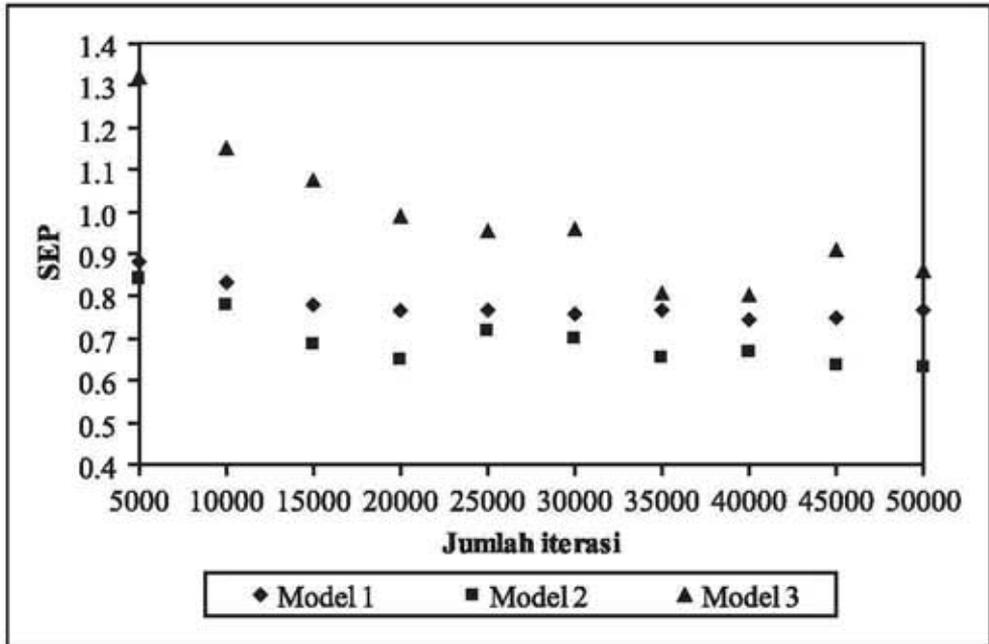
Data untuk *Training* Menggunakan JST

Jumlah data yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah sebanyak 657 unit data. Data ini kemudian dibagi menjadi dua bagian yaitu satu set data untuk *training* dan satu set data untuk validasi. Dalam pemilahan, data nilai maksimum dan minimum dimasukkan ke dalam bagian data untuk *training*, sedangkan untuk data validasi dipilih nilai diantara nilai minimum dan maksimum data tersebut. Hal ini bertujuan agar validasi program JST dapat berhasil dengan baik.

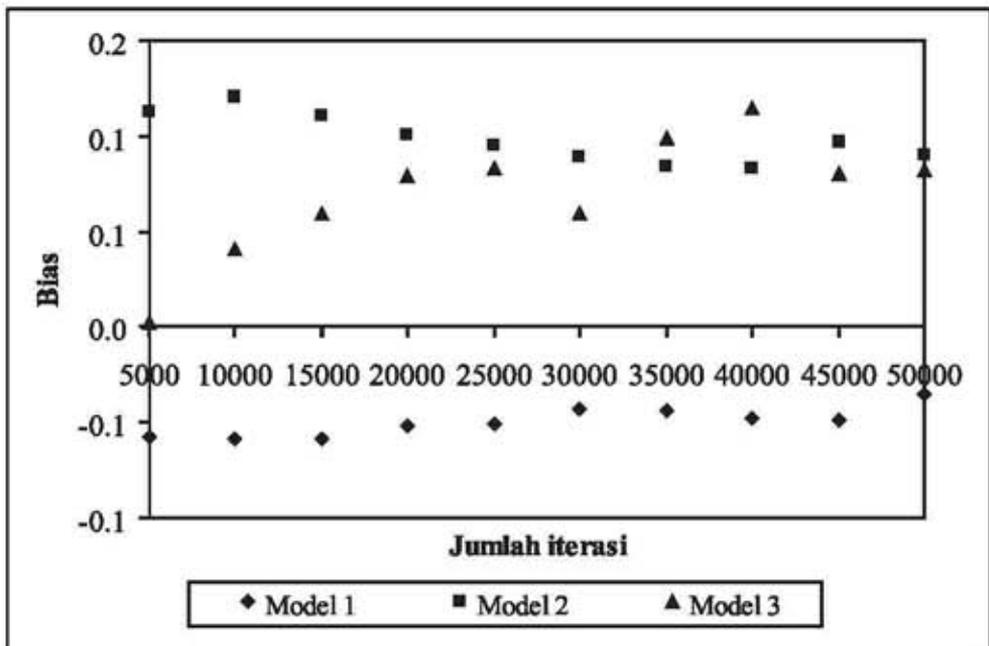
Parameter *input* terdiri dari data lingkungan termal dalam rumah kaca dan iklim makro di sekitar rumah kaca, yaitu kecepatan angin, kelembaban udara, tekanan udara, suhu udara di sekitar rumah kaca, curah hujan, radiasi



Gambar 2. Skema letak titik pengukuran pada rumah kaca.



Gambar 3. Nilai *Standard Error of Prediction (SEP)* pada ketiga model dengan beberapa iterasi.



Gambar 4. Nilai *bias (\bar{d})* ketiga model dengan beberapa iterasi

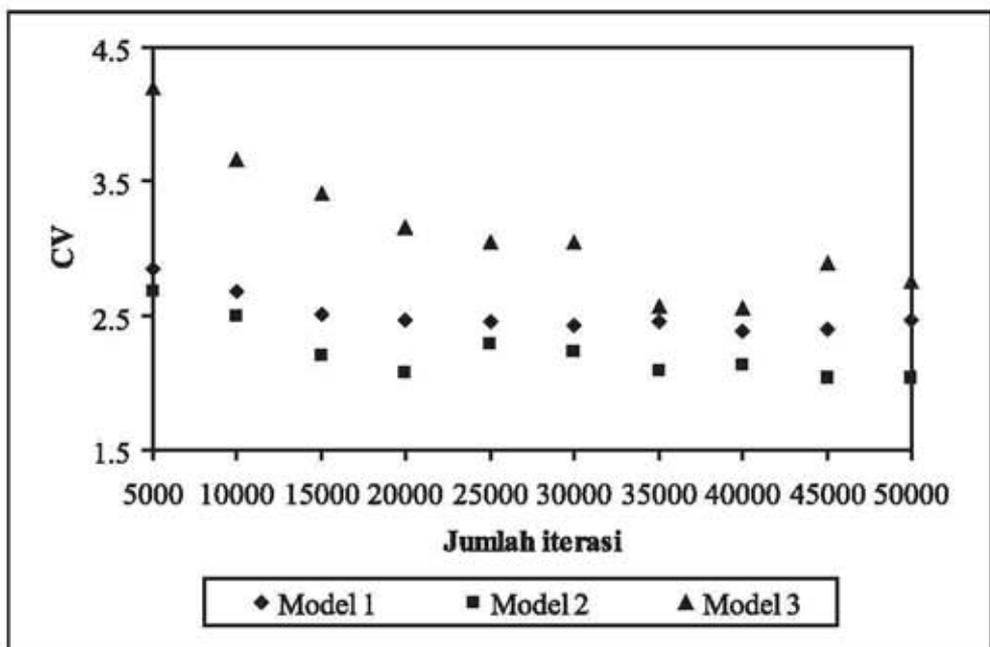
matahari, suhu penutup rumah kaca dan suhu permukaan lantai. Parameter *output* adalah suhu udara di dalam rumah kaca. Parameter *input* sangat menentukan suhu udara dalam rumah kaca. Adanya pergerakan angin yang mengenai bangunan rumah kaca menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan udara di dalam dan luar rumah kaca. Di dalam rumah kaca, radiasi matahari yang masuk kedalamnya yang berupa gelombang pendek diubah menjadi gelombang panjang. Perubahan panjang gelombang ini menyebabkan radiasi matahari tersebut tidak dapat menembus dinding transparan dan mengakibatkan kenaikan suhu udara dalam rumah kaca. Curah hujan menyebabkan suhu udara dalam rumah kaca menjadi lebih rendah. Selain faktor angin, radiasi matahari, tekanan udara, suhu udara dalam rumah kaca juga dipengaruhi oleh besarnya panas yang hilang melalui atap atau dinding, dan besarnya panas yang hilang melalui ventilasi serta bahan konstruksi.

Validasi Model JST untuk Pendugaan Suhu Udara dalam Rumah Kaca

Validasi merupakan pengujian model ANN yang dilakukan terhadap data yang tidak digunakan dalam *training*. Validasi model dilakukan dengan menggunakan parameter *SEP*, \bar{a} dan *CV*. Pada Gambar 3 disajikan grafik nilai *SEP* pada ketiga model dengan beberapa iterasi.

Sebagaimana disajikan dalam Gambar 3, ternyata Model 2 selalu memiliki *SEP* yang lebih kecil dibandingkan kedua model yang lain. Nilai *SEP* Model 1 berada pada nilai diantara kedua model yang lain, sedangkan Model 3 selalu memiliki nilai *SEP* yang lebih tinggi dibandingkan kedua model yang lain. Dengan demikian, Model 2 dengan proporsi jumlah data training dan data validasi sebesar 67 % dan 33 % dari total data adalah model yang paling baik untuk pendugaan suhu udara dalam rumah kaca.

Nilai *SEP*, \bar{a} dan *CV* menyatakan tingkat kecocokan antara nilai suhu hasil



Gambar 5. Nilai *Coefficient of Variation* (*CV*) dari ketiga model dengan beberapa iterasi.

Tabel 1. Nilai *standard error of prediction* (SEP), *bias* (\bar{d}) dan *coefficient of variation* (CV) ketiga model dengan beberapa iterasi

Iterasi	Model 1			Model 2			Model 3		
	SEP	Bias	CV	SEP	Bias	CV	SEP	Bias	CV
5000	0.8843	-0.0581	2.8439	0.8399	0.1123	2.6827	1.3191	0.0021	4.1973
10000	0.8326	-0.0590	2.6776	0.7806	0.1204	2.4933	1.1517	0.0405	3.6647
15000	0.7813	-0.0582	2.5126	0.6873	0.1102	2.1954	1.0727	0.0592	3.4132
20000	0.7659	-0.0513	2.4629	0.6492	0.1004	2.0737	0.9901	0.0793	3.1504
25000	0.7639	-0.0503	2.4565	0.7175	0.0945	2.2918	0.9545	0.0828	3.0370
30000	0.7558	-0.0428	2.4306	0.6991	0.0894	2.2331	0.9567	0.0592	3.0442
35000	0.7647	-0.0442	2.4593	0.6555	0.0844	2.0939	0.8066	0.0989	2.5665
40000	0.7427	-0.0476	2.3885	0.6693	0.0828	2.1378	0.8002	0.1144	2.5461
45000	0.7467	-0.0492	2.4011	0.6376	0.0966	2.0365	0.9073	0.0804	2.8870
50000	0.7678	-0.0354	2.4692	0.6342	0.0897	2.0259	0.8619	0.0823	2.7424

pendugaan menggunakan JST dengan hasil pengukuran. Semakin kecil nilai SEP dan CV, serta semakin mendekati nilai nol untuk nilai \bar{d} berarti semakin baik tingkat kecocokannya. Grafik nilai \bar{d} dan CV pada ketiga model dengan beberapa iterasi masing-masing disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Pada Tabel 1 disajikan secara lengkap *Standard Error of Prediction* (SEP), *bias* (\bar{d}) dan *Coefficient of Variation* (CV) pada ketiga model dengan beberapa iterasi. Berdasarkan tabel tersebut, untuk semua model nilai SEP-nya di bawah 4.0 setelah iterasi 10 000. Sedangkan nilai *bias* untuk Model 1 nilai selalu negatif, hal ini menunjukkan bahwa nilai prediksi suhu selalu lebih tinggi dari suhu aktual. Nilai CV semua model pada semua iterasi menunjukkan angka di bawah 5 %. Dari nilai SEP, \bar{d} dan CV untuk seluruh model dan iterasi menunjukkan bahwa Model 2 lebih baik dari pada model yang lain. Nilai SEP dan CV terkecil pada Model 2 dihasilkan pada iterasi ke 50 000. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi ini merupakan iterasi yang paling optimal untuk pendugaan suhu udara dalam rumah kaca tersebut.

KESIMPULAN

1. Model JST untuk pendugaan suhu udara dalam rumah kaca telah berhasil dikembangkan dan kinerjanya cukup baik, antara lain ditunjukkan oleh hasil validasi yang berupa nilai CV dan SEP yang rendah dan *bias* yang mendekati nol.
2. Hasil validasi menunjukkan bahwa Model 2 dengan 50 000 iterasi yang menghasilkan nilai SEP sebesar 0.6342, \bar{d} sebesar 0.0897 dan CV sebesar 2.0259 merupakan alternatif yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arham, Z., Suroso, Usman Ahmad. 2004. Evaluasi Mutu jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* swingle) dengan Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan. Forum Pascasarjana (27):73 – 84.
- Fu, G. 1994. Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses. PT Elex Media Komputindo, Jakarta.

- Hanan, J.J., W.D, Holley, K.L. Goldsberry.1978. Greenhouse Management. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Kusumadewi, S. 2003. Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya). Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kusumadewi, S. 2004. Membangun Jaringan Syaraf Tiruan (Menggunakan MATLAB dan Excel Link). Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Mastalerz, J. 1977. The Greenhouse Environment. John Wiley & Sons, New York, USA.